



## فیزیک ۲ یازدهم ریاضی

مجموعه طبقه‌بندی شده

۲۹ موضوع منطبق با ۲۹ موضوع کتاب درسی

۴۵ زیر موضوع، تناظر یک به یک با زیر موضوعات کتاب درسی

۱۷۵ مفهوم کلیدی، مفاهیمی که درس‌نامه‌ها و سؤال‌ها حول محور آن‌ها نوشته شده‌اند.

۳۹ درس‌نامه کاربردی با بیش‌ترین ارتباط مفهومی با سؤال‌ها

۹۴۲ تست شناسنامه‌دار

۷۷۷ تست منتخب از کنکورهای سراسری داخلی و خارج کشور و آزمون‌های کانون

۱۶۵ تست طراحی‌شده مرتبط با کتاب درسی برای پوشش کامل

$$۹۴۲ = (\text{تست طراحی شده مرتبط با کتاب درسی}) ۱۶۵ + (\text{تست کنکورهای سراسری و آزمون کانون}) ۷۷۷$$

مؤلفان: هیئت مؤلفان کانون فرهنگی آموزش

## ۷ مفهوم کلیدی بارالکتریکی

الکتریسیته - الکتریسیته ساکن - بارالکتریکی - الکتروسکوپ - تشفیص باردار بودن جسم - تشفیص نوع بار جسم - تشفیص رسانا یا نارسانا بودن اجسام



### بار الکتریکی

- واژه الکتریسیته از واژه یونانی الکترون (elektron) گرفته شده است که به معنی کهربا است. - نمونه‌هایی از پدیده‌های اطراف ما منشأ الکتریکی دارند:

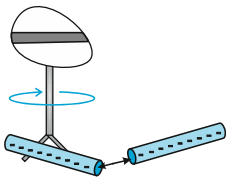
- ۱- آذرخش
- ۲- درخشش لامپ روشنایی
- ۳- پیوند بین اتم‌ها در تشکیل مولکول‌ها
- ۴- انتقال پیام‌های عصبی در دستگاه اعصاب
- ۵- چسبیدن نوار سلفون بر ظروف پلاستیکی
- ۶- بالا رفتن یک مارمولک از دیوار
- ۷- وسایل برقی اطراف ما
- ۸- کشش و جذب خرده‌های کاه توسط کهربا

### ✓ الکتریسیته ساکن

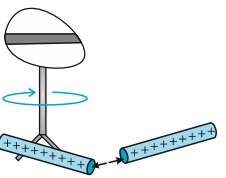
- به مطالعه بارها در حالت سکون، الکتریسیته ساکن گفته می‌شود.

### ✓ بار الکتریکی

- وقتی دو جسم نارسانا به یکدیگر مالش داده می‌شوند معمولاً هر دوی آنها دارای بار الکتریکی می‌شوند و به یکدیگر نیرو وارد می‌کنند.

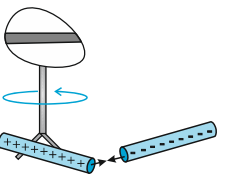


**مثال ۱:** وقتی دو میله پلاستیکی را با پارچه ابریشمی مالش می‌دهیم همدیگر را دفع می‌کنند.



**مثال ۲:** وقتی دو میله شیشه‌ای را با پارچه ابریشمی مالش می‌دهیم همدیگر را دفع می‌کنند.

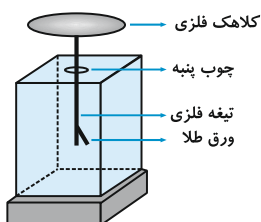
**مثال ۳:** وقتی میله پلاستیکی مالش داده شده با پارچه پشمی را به میله شیشه‌ای مالش داده شده با پارچه ابریشمی نزدیک کنیم همدیگر را جذب می‌کنند.



**تذکره:** کلاً دو نوع بار الکتریکی وجود دارد که توسط دانشمند آمریکایی بنیامین فرانکلین به نام بارهای مثبت و منفی نام‌گذاری شد. استفاده از علامت‌های جبری در نام‌گذاری این دو بار این مزیت را دارد که وقتی در یک جسم از این دو نوع بار به مقدار مساوی وجود داشته باشد، جمع جبری بارهای جسم صفر می‌شود که به معنای خنثی بودن آن جسم است.

### ✓ الکتروسکوپ

الکتروسکوپ وسیله‌ای است دارای یک ورقه نازک طلا که روی یک تیغه فلزی قرار دارد و تیغه فلزی به یک کلاهک رسانا متصل است که مجموعه تیغه فلزی و ورقه طلا در یک قاب عایق قرار دارد.

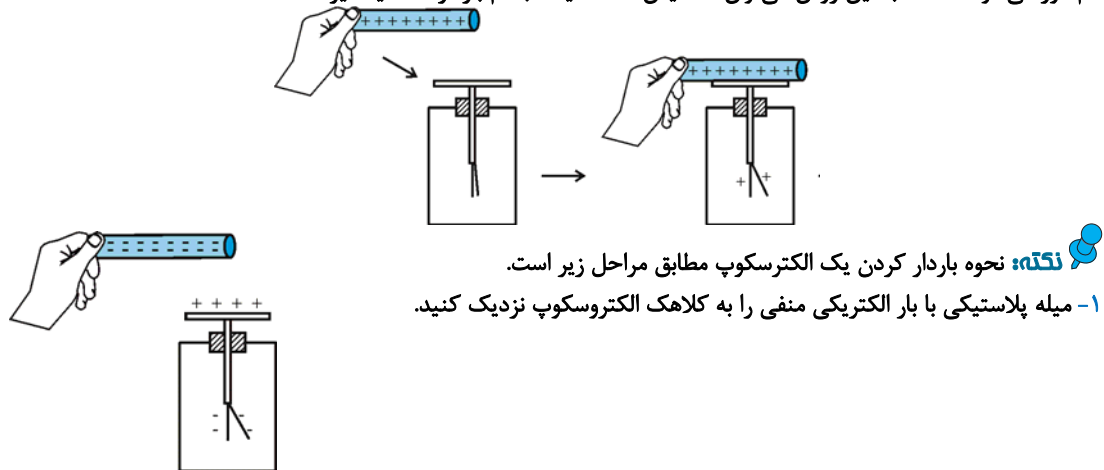


از الکتروسکوپ می‌توان در موارد زیر استفاده کرد:

### الف) تشخیص باردار بودن اجسام :

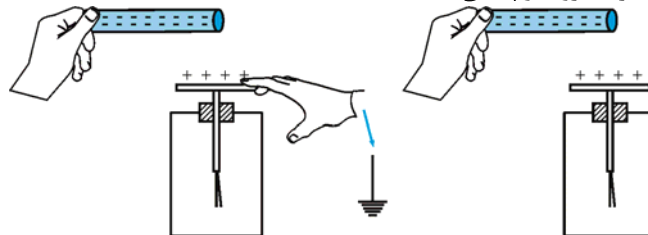
برای این منظور کافی است جسم را به کلاهک الکتروسکوپ خنثی نزدیک کنیم؛ اگر ورقه‌ها از هم فاصله بگیرند، نشان می‌دهد جسم باردار است.

**مثال:** هرگاه جسمی دارای بار الکتریکی (مثلاً میله شیشه‌ای با بار مثبت) را به کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار تماس دهیم (مطابق شکل)، قسمتی از بارهای الکتریکی به کلاهک دستگاه منتقل می‌شود و در این صورت الکتروسکوپ دارای بار الکتریکی می‌گردد و بارهای الکتریکی در آن پخش می‌شود و ورقه‌های طلا دارای بار الکتریکی هم‌نام گردیده و یکدیگر را دفع می‌کنند و از هم دور می‌شوند. اساساً به این روش می‌توان تشخیص داد که یک جسم باردار است یا خیر.

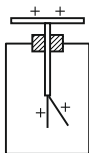


**نکته:** نحوه باردار کردن یک الکتروسکوپ مطابق مراحل زیر است.  
۱- میله پلاستیکی با بار الکتریکی منفی را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کنید.

۲- سیم اتصال زمین را برای یک لحظه به کلاهک تماس دهید تا بارهای الکتریکی منفی الکتروسکوپ از طریق اتصال زمین تخلیه گردد. و تنها بار مثبت در الکتروسکوپ باقی بماند.



۳- تیغه پلاستیکی را از کلاهک دور کنید، در پایان الکتروسکوپ دارای بار الکتریکی مثبت می‌گردد و دو ورقه نازک طلا از هم دور می‌مانند.



**تذکر:** اگر آزمایش بالا را با میله شیشه‌ای با بار مثبت انجام دهیم، در پایان الکتروسکوپ دارای بار منفی خواهد شد و دو ورقه نازک طلا از هم دور می‌مانند.

### ب) تشخیص نوع بار اجسام

برای تشخیص نوع بار اجسام باید حتماً الکتروسکوپ باردار و نوع بار آن نیز برای ما معلوم باشد، به این منظور جسم باردار را به آرامی از بالا به کلاهک نزدیک می‌کنیم. اگر انحراف ورقه‌های الکتروسکوپ بیشتر شود، نوع بار جسم، هم‌نام با بار الکتروسکوپ است و اگر انحراف برای لحظه‌ای کم شود، بار جسم مخالف بار الکتروسکوپ است.

### پ) تشخیص رسانا یا نارسانا بودن اجسام

برای تشخیص رسانایی اجسام باید الکتروسکوپ باردار باشد ولی نوع بار برای ما مهم نیست. بدین منظور هرگاه جسم را به کلاهک الکتروسکوپ باردار تماس دهیم، اگر جسم رسانا باشد، قسمتی از بارهای الکتریکی الکتروسکوپ به جسم منتقل شده و فاصله دو ورقه طلا از هم کم می‌شود (و حتی ممکن است از بین برود) و اگر جسم نارسانا باشد، انحراف ورقه‌ها تغییر محسوسی نخواهد کرد.

**سؤال:** آیا با الکتروسکوپ می‌توان مقدار بار دو کره هم‌اندازه، رسانا و باردار را با یکدیگر مقایسه کرد؟

**پاسخ:** بلی، اگر بار الکتریکی یکی از کره‌ها بیشتر از کره دیگر باشد، با نزدیک کردن آن به کلاهک الکتروسکوپ، زاویه دو ورقه طلا بیشتر تغییر می‌کند، به عبارت دیگر میزان انحراف ورقه‌ها می‌تواند معیاری برای نشان دادن میزان بار دو جسم باشد.

۱. میله‌ای با بار الکتریکی مثبت را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. ورقه‌های الکتروسکوپ نخست بسته و سپس از هم باز می‌شوند. بار الکتریکی قبلی الکتروسکوپ از چه نوع بوده است؟

(مرتبط با صفحه ۳ کتاب درسی) (سراسری تجربی ۷۷)

① مثبت

② منفی

③ خنثی یا مثبت

④ خنثی یا منفی

۲. جسمی با بار مثبت را به کلاهک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنیم و بدون تماس به آن در کنارش نگه می‌داریم. ملاحظه می‌شود ورقه‌های الکتروسکوپ باز شده است، در این حالت بار کلاهک و بار ورقه به ترتیب عبارتند از:

(مرتبط با صفحه ۳ کتاب درسی) (سراسری تجربی ۷۵)

① مثبت - مثبت

② مثبت - منفی

③ منفی - مثبت

④ منفی - خنثی

۳. میله‌ای با بار مثبت را کنار کلاهک الکتروسکوپ بدون باری قرار می‌دهیم و دست خود را لحظه‌ای به کلاهک تماس داده و سپس دست و میله را از کلاهک دور می‌کنیم. در این حالت بار کلاهک ..... و بار ورقه ها ..... می‌باشد.

(مرتبط با صفحه ۳ کتاب درسی)

① منفی - منفی

② منفی - مثبت

③ مثبت - منفی

④ مثبت - مثبت

۴. اگر میله‌ای با بار مثبت را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپی که بار منفی دارد نزدیک کنیم، ورقه‌های الکتروسکوپ: (مقدار بار میله از مقدار بار الکتروسکوپ بیشتر است).

(مرتبط با صفحه ۳ کتاب درسی)

① به هم نزدیک می‌شوند.

② از هم دور می‌شوند.

③ ابتدا به هم نزدیک می‌شوند، سپس از هم دور می‌شوند.

④ ابتدا از هم دور می‌شوند، سپس به هم نزدیک می‌شوند.

۵. کدام یک از عبارتهای زیر نادرست است؟

(مرتبط با صفحه ۳ کتاب درسی)

① هرگاه جسمی را که دارای بار الکتریکی است به کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار تماس دهیم، ورقه‌های الکتروسکوپ از هم دور می‌شوند.

② اگر میله‌ای با بار منفی را به کلاهک یک الکتروسکوپ که بار منفی دارد، نزدیک کنیم ورقه‌های الکتروسکوپ از هم دور می‌شوند.

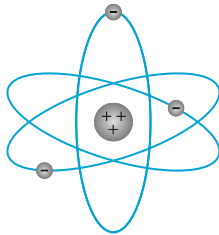
③ برای تعیین نوع بار الکتریکی یک جسم باید جسم مورد نظر را به آرامی به کلاهک یک الکتروسکوپ بردار که بار آن مشخص است، نزدیک کنیم.

④ اگر میله‌ای با بار منفی را به کلاهک الکتروسکوپی خنثی نزدیک کنیم، بار ورقه‌های الکتروسکوپ مثبت و بار کلاهک آن منفی می‌شود.



## پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی

### ساختار اتم، اجسام و بار الکتریکی



در مطالعه ساختار اتم به نکات زیر توجه کنید:

- اتم از دو قسمت هسته و الکترون‌های اطراف آن تشکیل شده است. (مانند شکل)
- هسته فضای بسیار کوچکی از اتم را اشغال می‌کند و الکترون‌ها در فاصله نسبتاً دوری از هسته به دور آن می‌چرخند.
- قطر اتم تقریباً  $100,000$  برابر قطر هسته است.
- هسته خود از ذره‌های ریزتری به نام پروتون ( $p$ ) و نوترون ( $n$ ) تشکیل شده است.
- به طور قراردادی بار الکتریکی الکترون را منفی و بار الکتریکی پروتون را مثبت انتخاب کرده‌اند، اما اندازه بار الکتریکی الکترون و پروتون با هم برابر است.
- بار الکتریکی نوترون خنثی است. (بدون بار الکتریکی است)
- در حالت عادی، تعداد پروتون‌های موجود در هسته هر اتم برابر تعداد الکترون‌های آن اتم است. در نتیجه اتم از نظر الکتریکی بدون بار یا خنثی است.
- یکای بار الکتریکی کولن ( $C$ ) نام دارد. اندازه بار الکتریکی هر الکترون یا پروتون را بار بنیادی می‌گوییم و آنرا با  $e$  نشان می‌دهیم. فیزیکدان آمریکایی میلیکان با انجام آزمایش‌هایی، مقدار بار الکتریکی هر الکترون را اندازه‌گیری و مقدار آن را  $1.6 \times 10^{-19} C$  گزارش کرد و به خاطر آن جایزه نوبل را در سال ۱۹۲۳ میلادی دریافت کرد. بنابراین:

$$e = 1.6 \times 10^{-19} C \begin{cases} \text{بار الکتریکی الکترون} = -e = -1.6 \times 10^{-19} C \\ \text{بار الکتریکی پروتون} = +e = 1.6 \times 10^{-19} C \end{cases}$$

- به تعداد پروتون‌های موجود در هسته یک اتم، عدد اتمی آن عنصر گویند و با نماد  $Z$  نمایش می‌دهند.
- جدول زیر، به طور خلاصه جرم و بار الکتریکی اجزای اتم را نشان می‌دهد:

نام ذره	بار ( $C$ )	جرم ( $kg$ )
الکترون	$-1.6 \times 10^{-19}$	$9.1 \times 10^{-31}$
پروتون	$+1.6 \times 10^{-19}$	$1.67 \times 10^{-27}$
نوترون	۰	$1.68 \times 10^{-27}$

با توجه به جدول واضح است که:

$$m_n > m_p > m_e$$

↓                      ↓                      ↓  
جرم الکترون > جرم پروتون > جرم نوترون

### ✓ اصل پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی

اجسام در حالت عادی از اتم‌های خنثی درست شده‌اند و بنابراین از نظر الکتریکی خنثی هستند. به عبارتی دیگر در یک اتم خنثی تعداد الکترون‌ها برابر تعداد پروتون‌های هسته است بنابراین جمع جبری همه بارها (بار خالص) دقیقاً برابر صفر است. وقتی دو جسم خنثی به یکدیگر مالش داده می‌شوند، تعدادی الکترون از یکی از آن‌ها به دیگری منتقل می‌شوند. جسمی که الکترون از دست می‌دهد، تعداد الکترون‌هایش کمتر از تعداد پروتون‌هایش شده و بار الکتریکی آن مثبت می‌شود و بالعکس جسمی که الکترون اضافی دریافت می‌کند دارای بار الکتریکی منفی می‌شود.

در یک جسم بدون بار، افزایش تعداد الکترون‌ها، بار جسم را منفی و کاهش تعداد الکترون‌ها بار جسم را مثبت می‌کند.

**اصل پایستگی بار الکتریکی:** مجموع جبری همه بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی (دستگاهی که نه از محیط اطراف خود بار می‌گیرد و نه به آن بار می‌دهد) ثابت است یعنی بار می‌تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود ولی هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد.

**تذکره:** شاهدهی تجربی در نقض این اصل وجود ندارد، حتی در برهم‌کنش‌هایی که در آن‌ها ذرات باردار خلق یا نابود می‌شود نیز بار کل دستگاه منزوی ثابت باقی خواهد ماند.

**اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی:** بار الکتریکی هر جسم مضرب صحیحی از یک مقدار پایه است که آن مقدار پایه بار یک الکترون است به عبارتی دیگر حاصل  $\frac{q}{e}$  برای یک جسم نمی تواند هر مقداری داشته باشد و حاصل آن حتماً باید یک عدد صحیح باشد:

$$\frac{q}{e} = \pm n \rightarrow \text{عدد صحیح}$$

$$q = \pm n e \rightarrow \text{مقدار پایه}$$

↓  
مضرب صحیح

اگر به یک جسم خنثی  $n$  الکترون داده شود، بار الکتریکی جسم برابر است با:

$$q = -ne \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

هم چنین اگر  $n$  الکترون از جسمی گرفته شود، بار الکتریکی جسم برابر است با:

$$q = +ne \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

### پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی

### اصل پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی

۶. عدد اتمی نیتروژن  $Z = 7$  است. بار الکتریکی هسته اتم نیتروژن، بار الکتریکی منفی اتم نیتروژن و بار الکتریکی اتم نیتروژن به ترتیب از راست به چپ کدام است؟ (بار بنیادی:  $e$ )

- ①  $+7e, -7e, +7e$     ②  $+7e, -7e, -7e$     ③  $-7e, -7e, -7e$     ④  $+7e, -7e, 0$  و ۰

۷. در هنگام روی دادن یک آذرخش، باری از مرتبه  $10^6 C$  به زمین منتقل می شود، در این انتقال بار چند الکترون به زمین منتقل می شود؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ )

- ①  $6/55 \times 10^{18}$     ②  $65/5 \times 10^{18}$     ③  $6/25 \times 10^{18}$     ④  $62/5 \times 10^{18}$

۸. به هر سانتی متر از یک میله عایق ۸ سانتی متری  $10^{10}$  الکترون می دهیم. بار این میله چند کولن می شود؟

(مکمل مثال ۱ - ۱ کتاب درسی) (سراسری تجربی ۷۴)

- ①  $+2 \times 10^{-8}$     ②  $-2 \times 10^{-8}$     ③  $+12/8 \times 10^{-9}$     ④  $-12/8 \times 10^{-9}$

۹. وقتی روی فرش راه می روید و بدنتان بار الکتریکی پیدا می کند و یا هنگام دست دادن با دوستان ممکن است با انتقال باری برابر  $0.1 \mu C$  به او شوک خفیفی وارد کنید. در این انتقال بار، چند الکترون بین شما و دوستان منتقل شده است؟

(مشابه مثال ۱ - ۱ کتاب درسی)

$$(e = 1/6 \times 10^{-19} C)$$

- ①  $3 \times 10^9$     ②  $0/3 \times 10^9$     ③  $5 \times 10^9$     ④  $0/5 \times 10^9$

۱۰. چند الکترون باید از یک سکه خنثی خارج شود تا بار الکتریکی آن  $+1 \mu C$  شود؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ )

(مکمل مثال ۱ - ۱ کتاب درسی) (سراسری ریاضی ۹۵)

- ①  $1/6 \times 10^6$     ②  $1/6 \times 10^{12}$     ③  $6/25 \times 10^6$     ④  $6/25 \times 10^{12}$

۱۱. جسمی دارای بار الکتریکی مثبت است. اگر  $5 \times 10^{12}$  الکترون از آن بگیریم، بار الکتریکی آن  $\frac{5}{4}$  بار اولیه می شود. بار اولیه جسم چند کولن می باشد؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ )

(مکمل مثال ۱ - ۱ کتاب درسی)

- ①  $6/4 \times 10^{-7}$     ②  $3 \times 10^{-7}$     ③  $3/2 \times 10^{-6}$     ④  $3/2 \times 10^{-7}$

۱۲. اگر به جسم رسانایی که دارای بار الکتریکی  $q = +16 \times 10^{-6} C$  است،  $10^{15}$  الکترون بدهیم، بار الکتریکی نهایی جسم پس از این تبادل چند کولن خواهد شد؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ )

(مکمل مثال ۱ - ۱ کتاب درسی) (آزمون کانون ۹۲)

- ①  $1/44 \times 10^{-4}$     ②  $-1/44 \times 10^{-4}$     ③  $-1/6 \times 10^{-5}$     ④ صفر

۱۳. برای آن که بار الکتریکی جسمی را از  $-3/2$  میکروکولن به  $+6/4$  میکروکولن تغییر دهیم، تبادل الکترون ها چگونه باید صورت گیرد؟ ( $|e| = 1/6 \times 10^{-19} C$  و هر میکروکولن معادل  $10^{-6}$  کولن است.)

(مرتبط با صفحه ۴ کتاب درسی)

- ①  $2 \times 10^{13}$  الکترون به جسم داده شود.    ②  $6 \times 10^{13}$  الکترون از جسم گرفته شود.

- ③  $2 \times 10^{13}$  الکترون از جسم گرفته شود.    ④  $6 \times 10^{13}$  الکترون به جسم داده شود.

## ✓ روش‌های باردار کردن اجسام

### الف) روش مالش:

#### - تعیین نوع بار جسم در اثر مالش

از این روش برای باردار کردن اجسام نارسانا استفاده می‌کنند. در هنگام تعادل با انتقال تعدادی الکترون از یک جسم به جسمی دیگر تعادل بارها در اتم خنثی بر هم می‌خورد و جسمی که الکترون از دست می‌دهد بار آن مثبت جسمی که الکترون اضافی دریافت می‌کند بار آن منفی می‌شود.

#### سری تریبوالکتریک

انتهای مثبت سری
موی انسان
شیشه
نایلون
پشم
موی گربه
سُرب
ابریشم
آلمینیوم
پوست انسان
کاغذ
چوب
پارچه کتان
کهریا
برنج، نقره
پلاستیک، پلی اتیلن
لاستیک
تفلون
انتهای منفی سری

**سری تریبوالکتریک:** نوع باری که جسم بر اثر مالش پیدا می‌کند بر اساس جدولی موسوم به سری تریبوالکتریک معلوم می‌شود. در این جدول مواد پایین‌تر الکترون خواهی بیشتری دارند یعنی اگر دو ماده را با یکدیگر مالش دهیم، الکترون‌ها از ماده بالاتر جدول به ماده‌ای که پایین‌تر قرار دارد، منتقل می‌شود.

**مثال:** دو مورد زیر، مثال‌هایی از روش باردار کردن اجسام از طریق مالش و براساس سری تریبوالکتریک است.

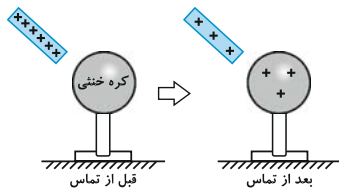
۱- اگر یک میله پلاستیکی بدون بار را با یک پارچه پشمی بدون بار مالش دهیم، میله پلاستیکی که در انتهای منفی سری است، دارای بار الکتریکی منفی می‌شود و پارچه پشمی که در انتهای مثبت سری است، دارای بار الکتریکی مثبت می‌شود.

۲- اگر یک میله شیشه‌ای را با یک پارچه کتان، که هر دو بدون بار هستند، مالش دهیم میله شیشه‌ای دارای بار الکتریکی مثبت می‌شود و پارچه کتان که به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است، دارای بار الکتریکی منفی می‌شود.

### ب) روش تماس:

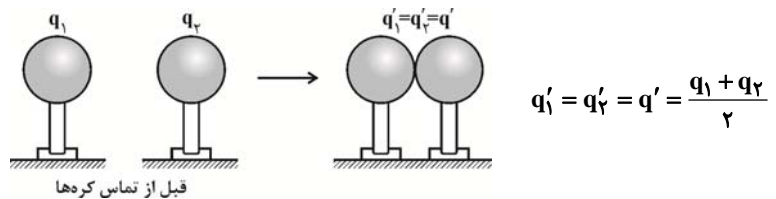
مثال زیر بیانگر باردار کردن یک جسم از طریق روش تماس است:

یک میله رسانا با بار الکتریکی مثبت را به یک کره رسانای خنثی تماس می‌دهیم. پس از تماس، مقداری از بارهای مثبت میله به کره منتقل می‌شود و هر دو جسم دارای بار الکتریکی مثبت می‌شوند.



**نکته:** اگر دو کره فلزی کاملاً مشابه به بارهای  $q_1$  و  $q_2$  را که مطابق شکل روی پایه‌های عایق قرار دارند به هم تماس

دهیم، بار الکتریکی آن‌ها پس از تماس با یکدیگر برابر شده و مقدار آن برابر است با:

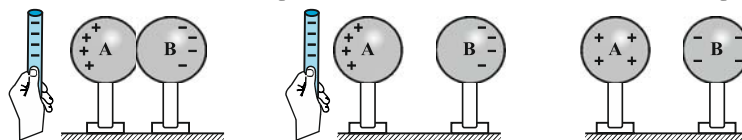


**تذکره:** در رابطه فوق، علامت منفی بارها در نظر گرفته می‌شود.

### ج) روش القای:

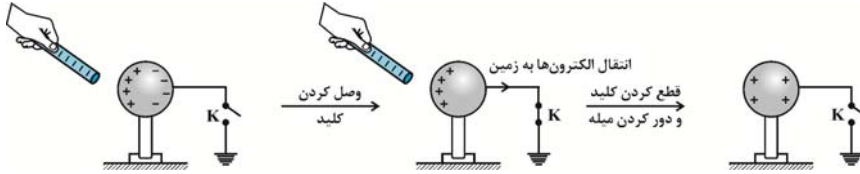
ایجاد بار در رساناها بدون تماس آن‌ها با یکدیگر را القای بارالکتریکی و بارهای ایجاد شده را بار القایی می‌گویند. القای بارالکتریکی به روش‌های مختلفی انجام می‌شود.

۱- مطابق شکل دو کره فلزی A و B که بر روی پایه عایق قرار دارند در تماس با یکدیگر می‌باشند، هرگاه یک میله پلاستیکی با بار منفی به کره فلزی A نزدیک کنیم براساس برهم‌کنش بین بارهای الکتریکی بدون این که تماس بین میله و کره فلزی A باشد، بارهای منفی از کره A به کره B منتقل می‌گردد. در این شرایط هرگاه کره B را از کره A دور کنیم، با دور کردن میله پلاستیکی کره A دارای بار مثبت و کره B دارای بار منفی شده است.



**نکته:** در این آزمایش اگر به جای میله پلاستیکی با بار منفی از میله شیشه‌ای با بار مثبت استفاده شود کره A دارای بار منفی و کره B دارای بار مثبت خواهد شد.

۲- در شکل زیر میله باردار را به یک کره رسانا با پایه عایق نزدیک می‌کنیم تا تفکیک بار انجام شود، سپس با وصل کردن کلید k، کره رسانا را به زمین وصل می‌کنیم تا بارهای هم‌نام با میله باردار از کره رسانا خارج شود. در نهایت کلید k را قطع و میله باردار را دور می‌کنیم، کره رسانا دارای باری غیرهم‌نام با میله باردار اولیه شده است.



**تذکره:** در روش القای بار الکتریکی، ایجاد بار الکتریکی بدون تماس است و چون میله پلاستیکی با کره رسانا تماس ندارد، میزان بار الکتریکی آن تغییر نمی‌کند.

**نکته:** می‌توان باردار کردن اجسام را به صورت زیر خلاصه کرد:

الف) وقتی دو جسم بدون بار نارسانا داریم: تنها روش، مالش دو جسم است.

ب) وقتی یک جسم باردار رسانا و یک جسم بدون بار رسانا داریم:

۱- القا: بار ناهم‌نام با جسم باردار در جسم بدون بار ایجاد می‌شود.

۲- تماس: بار هم‌نام با جسم باردار، در جسم بدون بار ایجاد می‌شود.

✓ ذرات بنیادی (فوب است بدانید)

الکترون یک ذره بنیادی است و زیر ساختار ندارد، یعنی از اجزای دیگری تشکیل نشده است، اما پروتون و نوترون بر خلاف الکترون از ذرات بنیادی به نام کوارک ساخته شده‌اند. جدول زیر دو نوع کوارک سازنده پروتون و نوترون را نشان می‌دهد.

نوع کوارک	نماد	بار
بالا	u	$+\frac{2}{3}e$
پایین	d	$-\frac{1}{3}e$

**تذکره:** با این که کوارک‌ها دارای بارهای کسری  $+\frac{2}{3}e$  یا  $-\frac{1}{3}e$  هستند و بار آن‌ها مضرب صحیحی از بار پایه e نیست، این در تناقض با اصل کوانتیده بودن بار نیست زیرا هیچ کوارکی به‌طور آزاد و مستقل در طبیعت دیده نشده است.

**نکته:** یک پروتون از دو کوارک بالا و یک کوارک پایین تشکیل شده است. بنابراین داریم:

$$\text{بار الکتریکی پروتون} = 2 \times q_u + q_d = 2 \times \frac{2}{3}e - \frac{1}{3}e = +e \Rightarrow q_p = +e$$

و هم‌چنین نوترون از یک کوارک بالا و دو کوارک پایین تشکیل شده است. بنابراین:

$$\text{بار الکتریکی نوترون} = q_u + 2 \times q_d = \frac{2}{3}e + 2 \times \left(-\frac{1}{3}e\right) = 0 \Rightarrow q_n = 0$$

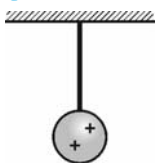
**تذکره:** ترکیب کوارک‌ها در طبیعت به گونه‌ای است که بار خالص آن‌ها  $\pm ne$  می‌شود که n یک عدد صحیح در توافق کامل با اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی است.

روش‌های باردار کردن اجسام

۱۴

در شکل زیر گلوله فلزی بارداری از نخ عایق آویزان است. کره فلزی خنثی را که دارای دسته نارسانا است به گلوله نزدیک می‌کنیم. مشاهده می‌شود که گلوله ... می‌شود. وقتی تماس حاصل شد، کره را جدا می‌کنیم و دوباره به آرامی آن را به گلوله نزدیک می‌کنیم و ملاحظه می‌شود که گلوله ... می‌شود.

(مرتبط با مسئله ۲۱ انتهای فصل کتاب درسی) (سراسری تجربی ۸۶)



② دفع - جذب

④ جذب - جذب

① جذب - دفع

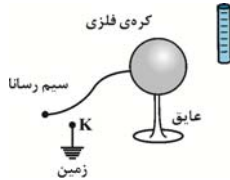
③ دفع - دفع



سه جسم A، B، C را دو به دو به یکدیگر نزدیک می‌کنیم، وقتی A و B به یکدیگر نزدیک می‌شوند، هم دیگر را با نیروی الکتریکی جذب می‌کنند و اگر B، C را به یکدیگر نزدیک کنیم، یکدیگر را با نیروی الکتریکی دفع می‌کنند. کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند صحیح باشد؟

- (مکمل مسئله ۲۱ انتهای فصل کتاب درسی) (سراسری خارج کشور تجربی ۹۰)
- ① A و C بار هم‌نام و هم‌اندازه دارند  
② B بدون بار و C باردار است.  
③ A بدون بار و B و C بار غیر هم‌نام دارند.  
④ A بدون بار و B باردار است.

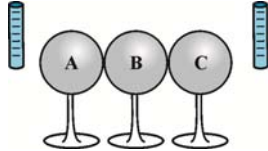
در شکل زیر، میله‌ای دارای بار منفی را به یک کره فلزی خنثی که روی پایه‌ی عایقی قرار دارد، نزدیک می‌کنیم. اگر در همین حالت کلید k را وصل کنیم....



- ① بارهای منفی از زمین به کره منتقل می‌شوند و بار کره منفی می‌شود.  
② بارهای منفی از کره فلزی به زمین می‌روند و بار کره مثبت می‌شود.  
③ بارهای مثبت از زمین به سمت کره کشیده شده و بار کره مثبت می‌شود.  
④ بارهای مثبت از کره به زمین می‌روند و بار کره منفی می‌شود.

سه کره فلزی A، B و C (کاملاً مشابه و خنثی از نظر الکتریکی) روی پایه‌های عایقی قرار گرفته‌اند. مطابق شکل آن‌ها را به هم تماس می‌دهیم و دو میله‌ی باردار با بار یکسان  $-q$  را از دو طرف به آن‌ها نزدیک می‌کنیم (به طوری که یک میله در یک سمت به کره A و میله‌ی دیگر در سمت مقابل، به کره C و با فاصله‌های یکسان نزدیک باشد) سپس این سه کره را در همین حالت از هم جدا می‌کنیم تا تماسی نداشته باشند و در آخر میله‌ها را دور می‌کنیم کره B در نهایت چه نوع باری پیدا می‌کند؟

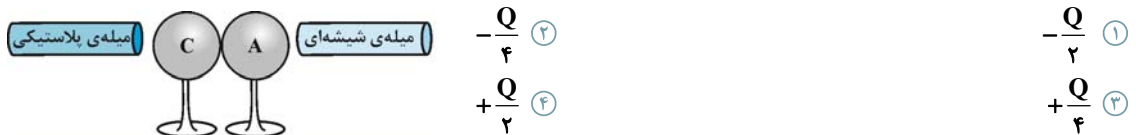
(مکمل مسئله ۲۱ انتهای فصل کتاب درسی) (آزمون کانون ۹۲)



- ① مثبت  
② منفی  
③ خنثی  
④ نمی‌توان تعیین نمود.

دو میله‌ی پلاستیکی و شیشه‌ای به ترتیب با پارچه‌های پشمی و پارچه کتان مالش داده شده‌اند. مطابق شکل زیر، میله‌های باردار را به کره‌های A و C که خنثی هستند نزدیک می‌کنیم به طوری که بار  $-Q$  روی کره A جمع شود. در همین حالت کره C را از کره A جدا کرده و سپس میله‌های باردار را از کره‌ها دور می‌کنیم. اگر کره B را که در ابتدا خنثی است ابتدا به کره A و سپس با کره C تماس دهیم، بار کره B در نهایت چه قدر می‌شود؟ (سه کره A، B و C فلزی و مشابه هستند و بر روی پایه‌های عایقی قرار دارند.)

(مکمل صفحه‌های ۲ و ۳ کتاب درسی) (آزمون کانون ۹۱)



- ①  $-\frac{Q}{2}$   
②  $-\frac{Q}{4}$   
③  $+\frac{Q}{4}$   
④  $+\frac{Q}{2}$

دو کره فلزی مشابه A و B به ترتیب با بارهای الکتریکی  $-3 \times 10^{-6}$  کولن و  $-5 \times 10^{-6}$  کولن روی پایه‌های عایقی قرار دارند. اگر این دو کره را با سیمی رسانا به هم متصل کنیم چه تعداد الکترون و از کدام کره به دیگری منتقل می‌شود؟

- (مکمل صفحه‌های ۲ و ۳ کتاب درسی)
- ①  $2/5 \times 10^{14}$  و A به B  
②  $2/5 \times 10^{14}$  و B به A  
③  $1/16 \times 10^{14}$  و A به B  
④  $1/16 \times 10^{14}$  و B به A

شخصی ادعا می‌کند که به روش القای بار الکتریکی به یک کره رسانا به اندازه  $12 \times 10^{-19}$  بار الکتریکی داده است. اگر اندازه‌ی بار الکتریکی هر الکترون برابر  $1/6 \times 10^{-19}$  باشد، راجع به ادعای این شخص، چه می‌توان گفت؟

(مکمل صفحه‌های ۲ و ۳ کتاب درسی) (آزمون کانون ۸۹)

- ① این ادعا درست نیست، چون به روش القای بار الکتریکی فقط بار منفی می‌توان به جسم داد.  
② این ادعا درست نیست، چون به روش القای بار الکتریکی نمی‌توان باری به این کوچکی در کره رسانا ایجاد نمود.  
③ این ادعا درست نیست، چون ایجاد چنین باری به طور قطع ممکن نیست  
④ ادعای شخص بسته به بزرگی یا کوچکی کره و نیز مقدار بار جسم دیگر که به کره نزدیک می‌کنیم، می‌تواند درست یا نادرست باشد.

وقتی دو جسم جامد در اثر مالش به یکدیگر دارای بار الکتریکی می‌شوند در این عمل:

- (مکمل صفحه ۲ کتاب درسی) (سراسری ۷۰)
- ① پروتون‌ها و الکترون‌ها در دو جسم با هم مبادله می‌شوند.  
② پروتون‌های یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شوند.  
③ الکترون‌های یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شوند.  
④ یون‌های مثبت و منفی در دو جسم با هم مبادله می‌شوند.

قانون کولن - نیروی الکتریکی - قانون سوم نیوتون - اصل برهم نهی نیروهای الکتروستاتیکی  
برایند نیروهای الکتریکی - آونگ الکتریکی



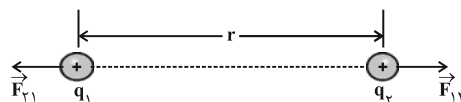
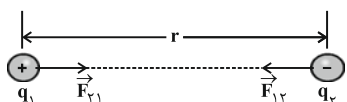
### قانون کولن

**نیروی الکتریکی:** نیرویی که دو جسم باردار به یکدیگر وارد می‌کنند نیروی الکتریکی (نیروی کولنی) نام دارد.

- ۱- نیروی الکتریکی می‌تواند از نوع ربایشی یا رانشی (جاذبه یا دافعه) باشد.
- ۲- اگر بارهای الکتریکی دو جسم هم‌نام باشند، یعنی هر دو مثبت یا هر دو منفی باشند، نیروی الکتریکی از نوع رانشی خواهد بود و اگر بار الکتریکی یک جسم مثبت و بار الکتریکی دیگری منفی باشد، این نوع نیرو از نوع ربایشی خواهد بود.
- ۳- بیشتر نیروهایی که با آنها آشنا هستیم منشأ الکتریکی دارند و به کمک این نیروها می‌توانیم بسیاری از پدیده‌هایی که در طبیعت رخ می‌دهند را توصیف کنیم.

**قانون کولن:** شارل کولن، دانشمند فرانسوی، با انجام دادن آزمایش‌های متعدد نشان داد که بزرگی نیروی الکتریکی ربایشی یا رانشی (نیروی کولنی) بین دو ذره با بارهای  $q_1$  و  $q_2$  که در فاصله  $r$  از یکدیگر قرار دارند با حاصل ضرب اندازه ذره دو ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصله دو ذره از هم نسبت وارون (عکس) دارد:

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \quad \left\{ \begin{array}{l} F \propto \frac{1}{r^2} \\ F \propto |q_1 q_2| \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} q_1, q_2 \rightarrow \text{بار الکتریکی بر حسب کولن (C)} \\ r \rightarrow \text{فاصله بین دو بار بر حسب متر} \\ k \rightarrow \frac{Nm^2}{C^2} \text{ ثابت کولن بر حسب} \\ F \rightarrow \text{بزرگی نیروی که دو بار به هم وارد می‌کنند بر حسب نیوتون} \end{array} \right.$$



نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی غیر هم‌نام، ربایشی است.

نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی هم‌نام، رانشی است.

**تذکره:** در رابطه بالا، برای محاسبه بزرگی (اندازه)  $F$ ، علامت بارهای  $q_1$  و  $q_2$  را در نظر نمی‌گیریم و فقط اندازه‌های این دو بار (یعنی  $|q_1|$  و  $|q_2|$ ) در رابطه وارد می‌شود.

**تذکره:** در شکل بالا نیرویی که بار الکتریکی  $q_1$  به بار الکتریکی  $q_2$  وارد می‌کند را با  $\vec{F}_{12}$  و نیرویی که بار الکتریکی  $q_2$  به بار الکتریکی  $q_1$  وارد می‌کند را با  $\vec{F}_{21}$  نمایش می‌دهیم.

۱- در قانون کولن، ارتباط بین ثابت کولن ( $k$ ) و ضریب گذردهی الکتریکی خلأ ( $\epsilon_0$ ) به صورت زیر است:

$$\left\{ \begin{array}{l} k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \\ \epsilon_0 = \frac{1}{9 \times 10^9} \frac{C^2}{Nm^2} \end{array} \right. \Rightarrow k = \frac{1}{9 \times 10^9} \frac{Nm^2}{C^2} = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$

بنابراین واحد ( $\epsilon_0$  یا یکای) معکوس واحد  $k$  و برابر  $\frac{C^2}{Nm^2}$  است.

۲- اگر اندازه بارهای  $q_1$  و  $q_2$  و یا فاصله بین دو بار یعنی  $r$  تغییر کند، در مقایسه نیروی کولنی در دو حالت می‌توان نوشت:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{q_1' q_2'}{q_1 q_2} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

۳- مطابق با قانون سوم نیوتون، هر عملی را عکس‌العملی است مساوی و در خلاف جهت آن، بنابراین نیرویی که بار  $q_1$  به بار  $q_2$  وارد می‌کند، یا نیرویی که بار  $q_2$  به بار  $q_1$  وارد می‌کند، هم اندازه، هم راستا و در خلاف جهت یکدیگر هستند.

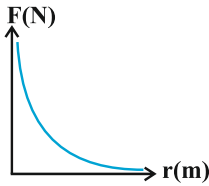
$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12} \Rightarrow |\vec{F}_{21}| = |\vec{F}_{12}|$$

۴- اگر دو گلوله باردار به بارهای  $q_1$  و  $q_2$  فقط تحت اثر نیروی کولنی که به یکدیگر وارد می‌کنند شتاب بگیرند، در مقایسه

$$|\vec{F}_{21}| = |\vec{F}_{12}| \Rightarrow m_1 a_1 = m_2 a_2 \Rightarrow \frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

شتاب آن‌ها می‌توان گفت:

۵- با توجه به رابطه کولن،  $F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$ ، نیروی کولنی ( $F$ ) با  $r^2$  رابطه عکس دارد و شکل نمودار  $F-r$  به صورت زیر است.



**تذکره:** با افزایش  $r$ ، نیروی  $F$  کاهش می‌یابد.

۶- اگر دو کره فلزی کاملاً مشابه با بارهای الکتریکی  $q_1$  و  $q_2$  که در فاصله  $r$  به یکدیگر نیروی  $F$  وارد می‌کنند را به هم تماس دهیم و از یکدیگر جدا کنیم آن‌گاه بار هر کره  $q'_1$  و  $q'_2$  می‌شود و در فاصله  $r'$  به یکدیگر نیروی  $F'$  را وارد می‌کنند، لازم به یادآوری است که پس از تماس دو کره فلزی مشابه بار الکتریکی آن‌ها هم اندازه و هم نوع می‌شود که از رابطه زیر

$$q'_1 = q'_2 = q' = \frac{q_1 + q_2}{2} \quad \text{و} \quad \frac{F'}{F} = \frac{|q'_1||q'_2|}{|q_1||q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

به دست می‌آید:

### ✓ نیروی گرانشی و مقایسه آن با نیروی کولنی (موب است بدانید)

اجرام نیز به یکدیگر نیروی گرانشی وارد می‌کنند که همواره از نوع جاذبه است. مرتبه بزرگی این نیرو برای الکترون و پروتون در اتم هیدروژن از مرتبه  $10^{-47} \text{ N}$  است و بنابراین در حدود  $10^{40}$  بار کوچکتر از نیروی الکتریکی بین آن دو ذره است.

**تذکره:** کوچک‌تر بودن نسبت نیروی گرانشی به نیروی الکتریکی نشان می‌دهد نیروی گرانشی به مراتب ضعیف‌تر از نیروی الکتریکی است.

### قانون کولن

#### رابطه قانون کولن

۲۲. دو بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2 = 5q_1$  در فاصله ۳ متری هم قرار دارند و نیروی دافعه  $0.2 \text{ N}$  به یکدیگر وارد می‌کنند.  $q_1$  چند میکروکولن است؟ ( $k = 9 \times 10^9 \text{ SI}$ ) (مرتبط با صفحه ۶ کتاب درسی) (سراسری خارج کشور تجربی ۹۱)

① ۱۰      ② ۵      ③ ۴      ④ ۲

۲۳. بار الکتریکی ۵ میکروکولن را در چند سانتی‌متری از یک بار ۴ میکروکولنی قرار دهیم تا بر آن نیروی ۱۸ نیوتون را وارد کند؟ ( $k = 9 \times 10^9 \text{ SI}$ ) (مرتبط با صفحه ۶ کتاب درسی) (سراسری تجربی ۷۶)

① ۱      ② ۳/۱۴      ③ ۹      ④ ۱۰

۲۴. در هسته اتم هلیوم دو پروتون به فاصله تقریبی  $2 \times 10^{-15} \text{ m}$  از هم قرار دارند. بزرگی نیروی الکتریکی که پروتون‌ها به هم وارد می‌کنند، چند نیوتون است؟ ( $k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$  و  $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ) (مرتبط با مثال ۱ - ۲ کتاب درسی)

① ۴۶/۵      ② ۵۷/۶      ③ ۶۳/۴      ④ ۷۱/۸

۲۵. الکترونی در مسیر دایره‌ای به شعاع ۱ انگستروم به دور هسته‌ای که  $10$  پروتون دارد می‌چرخد. نیروی وارد بر این الکترون از طرف هسته تقریباً چند نیوتون است؟ (بار الکترون  $1.6 \times 10^{-19}$  کولن و ضریب ثابت در قانون کولن  $9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$  است.) (مکمل مثال ۱ - ۲ کتاب درسی) (سراسری ریاضی ۷۲)

①  $3/2 \times 10^{-5}$       ②  $2/3 \times 10^{-7}$       ③  $3 \times 10^{-10}$       ④  $2 \times 10^{-18}$

۲۶. بار الکتریکی ۸ میکروکولنی از فاصله  $r$  به بار ۲ میکروکولنی نیروی  $F$  وارد می‌کند. بار ۲ میکروکولنی در چه فاصله‌ای بر بار ۸ میکروکولنی نیرویی به اندازه  $2F$  وارد می‌کند؟ (مرتبط با صفحه ۶ کتاب درسی) (سراسری تجربی ۸۵)

①  $2r$       ②  $\sqrt{2}r$       ③  $\frac{1}{2}r$       ④  $\frac{\sqrt{2}}{2}r$

۲۷. نیروی بین دو بار الکتریکی  $q_1$  و  $q_2$  که به فاصله  $r$  از یکدیگر قرار دارند،  $F$  است. اگر اندازه یکی از بارها و هم چنین فاصله بین دو بار، نصف شود، نیروی بین آن‌ها چند برابر می‌شود؟ (مرتبط با صفحه ۶ کتاب درسی) (سراسری خارج کشور ریاضی ۸۷)

① ۱      ② ۲      ③  $\frac{1}{2}$       ④  $\frac{3}{2}$

۲۸. دو بار الکتریکی هم نام  $q_1 = 8 \mu C$  و  $q_2$  در فاصله  $r$ ، نیروی  $F$  بر هم وارد می کنند. اگر ۲۵ درصد از بار  $q_1$  را برداشته و به  $q_2$  اضافه کنیم، بدون تغییر فاصله بارها نیروی متقابل بین آنها ۵۰ درصد افزایش می یابد. مقدار اولیه  $q_2$  چند میکروکولن است؟

(مرتبط با صفحه ۶ کتاب درسی) (سراسری ریاضی ۸۹)

- ۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

۲۹. دو بار الکتریکی نقطه ای هم نام و برابر، در فاصله ثابتی از هم قرار دارند و به یکدیگر نیروی  $F$  را وارد می کنند. اگر ۲۵ درصد از بار الکتریکی یکی را کم کرده و همان مقدار به بار دیگری اضافه کنیم نیرویی که به هم وارد می کنند، چند  $F$  می شود؟

(مرتبط با صفحه ۶ کتاب درسی) (سراسری تجربی ۸۸)

- ۱ (۱) ۴ (۲) ۱۵ (۳) ۱۶ (۴)

۳۰. دو بار الکتریکی نقطه ای  $q_1 = 2 \mu C$  و  $q_2 = -2 \mu C$  به فاصله  $r$  از یکدیگر قرار دارند اگر نصف یکی از بارها را برداریم و به دیگری اضافه کنیم و دو بار را به فاصله  $\frac{r}{4}$  از هم قرار می دهیم، اندازه نیرویی که دو بار به یکدیگر وارد می کنند، در مقایسه با

حالت قبل چند برابر می شود؟ (مرتبط با صفحه ۶ کتاب درسی) (سراسری خارج کشور تجربی ۸۷)

- ۱ (۱) ۳ (۲) ۴ (۳) ۱۶ (۴)

۳۱. نیروی دافعه بین دو بار الکتریکی نقطه ای مشابه در فاصله  $r$  از هم برابر با  $0.2N$  است. اگر به یکی از بارها  $2 \mu C$  اضافه کنیم این نیروی دافعه در همین فاصله برابر  $0.3N$  می شود. اندازه اولیه هر یک از این بارهای الکتریکی چند میکروکولن بوده است؟

(مرتبط با صفحه ۶ کتاب درسی) (سراسری خارج کشور تجربی ۸۶)

- ۲ (۱) ۴ (۲) ۶ (۳) ۸ (۴)

۳۲. نیرویی که دو بار نقطه ای  $+q$  در فاصله  $r$  به یکدیگر وارد می کنند، برابر  $F = 640N$  است. اگر بار  $2 \mu C$  از یکی کم کرده و همان مقدار به دیگری اضافه کنیم نیروی جدید  $F'$ ، در همان فاصله برابر  $600N$  می شود. بار  $q$  چند میکروکولن بوده است؟

(مرتبط با صفحه ۶ کتاب درسی) (سراسری ریاضی ۷۸)

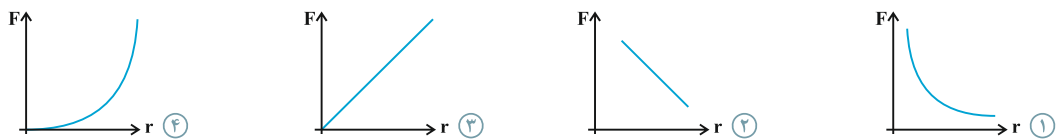
- ۱۲ (۱) ۸ (۲) ۶ (۳) ۴ (۴)

۳۳. فرض می کنیم دو بار مثبت  $q$  که در یک فاصله معین قرار دارند، نیرویی برابر  $F$  به یکدیگر وارد می کنند چند درصد یکی را برداشته و دیگری اضافه کنیم تا در همان فاصله نیروی بین آنها  $\frac{15}{16}$  برابر گردد؟

(مرتبط با صفحه ۶ کتاب درسی) (سراسری تجربی ۷۸)

- ۱۵ (۱) ۱۶ (۲) ۲۰ (۳) ۲۵ (۴)

۳۴. کدام یک از نمودارهای زیر تغییرات نیروی الکترواستاتیکی کولنی بین دو بار الکتریکی را برحسب فاصله آنها درست نشان می دهد؟



۳۵. نیروی بین دو بار الکتریکی  $q$  و  $q'$  که به فاصله  $d$  از یکدیگر قرار دارند،  $F$  است. اگر اندازه هر یک از دو بار و هم چنین فاصله بین دو بار، دو برابر گردد نیروی بین آنها چند برابر می شود؟

(مکمل صفحه ۶ کتاب درسی) (سراسری ریاضی ۷۵)

- ۸ (۱) ۲ (۲) ۱ (۳) ۱ (۴)

۳۶. دو بار مساوی  $Q$  بر یکدیگر نیروی  $F$  را وارد می کنند. اگر نصف یکی از بارها را برداشته و به دیگری اضافه کنیم در همان فاصله قبلی، نیروی متقابل چند  $F$  می شود؟

(مکمل صفحه ۶ کتاب درسی) (سراسری ریاضی ۷۰)

- ۳ (۱) ۴ (۲) ۹ (۳) ۱۶ (۴)

۳۷. دو کره فلزی مشابه دارای بارهای الکتریکی  $q_1 = +5\mu\text{C}$  و  $q_2 = +15\mu\text{C}$  در فاصله  $r$ ، نیروی  $F$  را بر یکدیگر وارد می‌کنند. اگر این دو کره را در یک لحظه با یکدیگر تماس دهیم، به طوری که فقط بین دو کره مبادله بار صورت گیرد و مجدداً به همان فاصله قبلی برگردانیم، نیروی دافعه بین دو کره چگونه تغییر می‌کند؟

(مرتبط با مسئله ۴ انتهای فصل کتاب درسی) (سراسری تجربی ۹۱)

① ۲۵ درصد افزایش می‌یابد.

② ۲۵ درصد کاهش می‌یابد.

③ تقریباً ۳۳ درصد کاهش می‌یابد.

④ تقریباً ۳۳ درصد افزایش می‌یابد.

۳۸. دو کره فلزی که روی پایه‌های عایقی قرار دارند، دارای بار الکتریکی هستند. اندازه نیروی الکتریکی بین این دو کره با فاصله  $d$  برابر  $F$  است. اگر آن دو را به هم تماس داده و دوباره در همان فاصله قرار دهیم، اندازه نیرو  $F'$  می‌شود. کدام رابطه بین  $F$  و  $F'$  برقرار است؟

(مرتبط با مسئله ۴ انتهای فصل کتاب درسی) (سراسری ریاضی ۷۶)

①  $F > F'$

②  $F < F'$

③  $F = F'$

④ بسته به شرایط هر کدام ممکن است صحیح باشد

۳۹. دو گلوله فلزی کوچک و مشابه که دارای بار الکتریکی می‌باشند، از فاصله  $30$  سانتی‌متری، نیروی جاذبه  $4$  نیوتون بر یکدیگر وارد می‌کنند. اگر این دو گلوله را به هم تماس دهیم، بار الکتریکی هر کدام  $+3\mu\text{C}$  خواهد شد. بار اولیه گلوله‌ها بر حسب میکروکولن

(مرتبط با مسئله ۴ انتهای فصل کتاب درسی) (سراسری ریاضی ۹۴)

کدام است؟  $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$

① ۱۲ و ۶-

② ۱۰ و ۴-

③ ۹ و ۳-

④ ۸ و ۲-

۴۰. دو ذره یکی به جرم  $m$  و بار الکتریکی  $q$  و ذره دیگر به جرم  $2m$  با بار الکتریکی  $3q$  مجاور هم قرار دارند. اگر این دو ذره فقط تحت اثر نیروی الکتریکی که به هم وارد می‌کنند شتاب بگیرند، شتاب وارد بر جرم  $m$  چند برابر شتاب وارد بر ذره دوم است؟

(مکمل صفحه ۶ کتاب درسی) (سراسری تجربی ۷۰)

①  $\frac{1}{6}$

②  $\frac{1}{2}$

③ ۲

④ ۶

۴۱. دو بار الکتریکی نقطه‌ای هم‌نام  $q_1$  و  $q_2$  با جرم‌های  $m_1$  و  $m_2$  در حال دور شدن از یکدیگر هستند. اگر تنها نیروی وارد بر این بارها نیروی دافعه الکتریکی بین دو بار باشد، به تدریج و با دور شدن بارها از هم، نسبت اندازه شتاب‌های دو بار ... و اندازه شتاب هر بار ...

(مکمل صفحه ۶ کتاب درسی)

① ثابت می‌ماند - کاهش می‌یابد.

② کاهش می‌یابد - نیز کاهش می‌یابد.

③ کاهش می‌یابد - ثابت می‌ماند.

④ ثابت می‌ماند - نیز ثابت می‌ماند.

۴۲. مطابق شکل زیر، دو گلوله نارسانای کوچک که جرم هر کدام  $10$  گرم است، در لوله عایق بدون اصطکاکی قرار دارند. اگر به هر کدام از گلوله‌ها بار الکتریکی  $+1\mu\text{C}$  را به صورت یکنواخت بدهیم در حالت تعادل مرکز گلوله  $A$  در چند سانتی‌متری از مرکز گلوله

(مشابه مسئله ۷ انتهای فصل کتاب درسی) (آزمون کانون ۸۹)

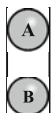
$B$  قرار می‌گیرد؟  $(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$

① ۳

② ۹

③ ۳۰

④ ۹۰



بار الکتریکی

گزینه ۲

۱. چون ورقه‌های الکتروسکوپ ابتدا بسته و سپس باز شده است. بنابراین قطعاً بار اولیه الکتروسکوپ مخالف بار میله بوده است بنابراین بار اولیه الکتروسکوپ منفی بوده است.

گزینه ۳

۲. با نزدیک کردن جسم با بار الکتریکی مثبت به کلاهک الکتروسکوپ خنثی، الکترون‌های موجود بر روی ورقه‌های الکتروسکوپ به سمت کلاهک جذب می‌شوند. کلاهک الکتروسکوپ با جذب این الکترون‌ها دارای بار الکتریکی منفی می‌شود. در این حالت ورقه‌های الکتروسکوپ که الکترون خود را از دست داده‌اند دارای بار الکتریکی مثبت می‌شوند.

گزینه ۱

۳. با نزدیک کردن میله با بار مثبت به کلاهک الکتروسکوپ، بارهای منفی روی کلاهک الکتروسکوپ و بارهای مثبت روی ورقه‌های الکتروسکوپ القا می‌شود. وقتی با دست خود کلاهک را لمس می‌کنیم بار هم‌نام میله تخلیه می‌شود.

یعنی در این حالت بار مثبت تخلیه می‌شود (در واقع به جای این که بگوئیم بار مثبت تخلیه شده است باید بگوئیم بارهای منفی از زمین و از طریق دست ما به الکتروسکوپ منتقل می‌شوند) بنابراین در نهایت بار کلاهک و بار ورقه‌ها منفی خواهد شد.

گزینه ۳

۴. وقتی میله با بار مثبت را به کلاهک الکتروسکوپ با بار منفی نزدیک می‌کنیم تعدادی از بارهای منفی روی ورقه‌ها به سمت کلاهک الکتروسکوپ جذب می‌شوند (بدلیل وجود میله با بار مثبت) بنابراین ورقه‌ها بار منفی کمتری دارند و انحراف آنها کم می‌شود ولی بعد از تمام شدن اثر نزدیک شدن میله، مجدداً به حالت اولیه خود باز می‌گردند.

گزینه ۴

۵. اگر میله‌ای با بار منفی را به کلاهک الکتروسکوپی خنثی نزدیک کنیم، بار ورقه‌های الکتروسکوپ منفی و بار کلاهک آن مثبت می‌شود.

پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی

اصل پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی

گزینه ۴

۶. بار الکتریکی هسته‌ی اتم نیتروژن

$$(بار\ نوترون \times تعداد\ نوترون\ ها) + (بار\ پروتون \times تعداد\ پروتون\ ها) = 7 \times (+e) + 0 = +7e$$

$$بار\ الکترون \times تعداد\ الکترون\ ها = بار\ الکتریکی\ منفی\ اتم\ نیتروژن = 7 \times (-e) = -7e$$

$$0 = +7e + (-7e) = بار\ الکتریکی\ اتم\ نیتروژن$$

گزینه ۴

$$q = ne \Rightarrow 10 = n \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = \frac{10}{1/6 \times 10^{-19}}$$

$$= \frac{10^{20}}{1/6} = 62/5 \times 10^{18}$$

گزینه ۴

$$\begin{cases} 1\text{cm} \rightarrow 10^{10} & \text{الکترون} \\ 8\text{cm} \rightarrow 8 \times 10^{10} & \text{الکترون} \end{cases}$$

$$\begin{cases} n = 8 \times 10^{10} \\ e = 1/6 \times 10^{-19} \text{C} \end{cases} \Rightarrow q = -ne = -8 \times 10^{10} \times 1/6 \times 10^{-19}$$

$$\Rightarrow q = -12/8 \times 10^{-9} \text{C}$$

گزینه ۳

$$q = ne \Rightarrow 0/8 \times 10^{-9} = n \times 1/6 \times 10^{-19}$$

$$\Rightarrow n = 0/5 \times 10^{10} = 5 \times 10^9$$

گزینه ۴

$$q = ne \Rightarrow 1 \times 10^{-6} = n \times 1/6 \times 10^{-19}$$

$$\Rightarrow n = \frac{1 \times 10^{-6}}{1/6 \times 10^{-19}} \Rightarrow n = 6/25 \times 10^{12}$$

گزینه ۳

۱۱. جسم دارای بار الکتریکی مثبت است و چون الکترون از آن می‌گیریم بار مثبت آن افزایش می‌یابد، بنابراین داریم:

$$\Delta q = |ne| = 5 \times 10^{12} \times 1/6 \times 10^{-19} = 8 \times 10^{-7} \text{C}$$

$$\Delta q = q_2 - q_1 = \frac{5}{4} q_1 - q_1 = \frac{1}{4} q_1$$

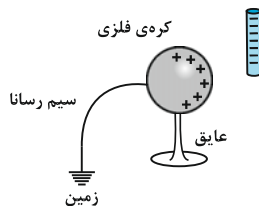
$$\frac{1}{4} q_1 = 8 \times 10^{-7} \Rightarrow q_1 = 32 \times 10^{-7} \text{C} = 3/2 \times 10^{-6} \text{C}$$

۲) اگر دو جسم یکدیگر را دفع کنند قطعاً هر دو باردار و دارای بار هم نام هستند. حالت‌های ممکن به صورت زیر می‌باشد:

A	B	C
+	-	-
-	+	+
بدون بار	-	-
بدون بار	+	+

گزینه ۲

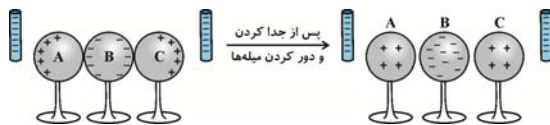
با نزدیک کردن میله با بار الکتریکی منفی به کره‌ی خنثی به دلیل القای بار الکتریکی در سمت راست کره، بارهای مثبت و در سمت چپ، بارهای منفی تجمع می‌کنند.



با وصل کردن کلید بارهای منفی از سیم رسانا به زمین منتقل می‌شوند و بار کره مثبت می‌شود.

گزینه ۲

هنگامی که میله‌های منفی را به کره‌های A و C نزدیک می‌کنیم، بارهای منفی این کره‌ها دفع شده و در کره‌ی B جمع می‌شوند و همچنین بارهای مثبت کره‌های A و C به دلیل نیروی جاذبه بین آن و میله‌های باردار در کره‌ی A و C باقی‌مانده‌اند. حال اگر این کره‌ها را از یکدیگر جدا کنیم، سپس میله‌ها را دور کنیم کره‌های A و C دارای بار الکتریکی مثبت و کره‌ی B دارای بار الکتریکی منفی می‌شود.



گزینه ۳

با نزدیک کردن میله‌ی شیشه‌ای با بار الکتریکی مثبت به کره‌ی A، بار  $-Q$  و با نزدیک کردن میله‌ی پلاستیکی با بار الکتریکی منفی در کره‌ی C، بار  $+Q$  القا می‌شود. حال با دور کردن میله‌های باردار کره‌ی B را با کره‌ی A تماس می‌دهیم. در این صورت بار  $\frac{-Q}{2}$  از کره‌ی A به کره‌ی B منتقل می‌شود. پس بار کره‌ی A،  $\frac{-Q}{2}$  و بار کره‌ی B نیز  $\frac{-Q}{2}$  می‌شود.

۱۲

گزینه ۲

$$\begin{cases} q = -ne = -1.5 \times 10^{15} \times 1.6 \times 10^{-19} = -1/6 \times 10^{-4} \text{ C} \\ q_2 = q_1 + q = 16 \times 10^{-6} - 1/6 \times 10^{-4} \\ = 0.16 \times 10^{-4} - 1/6 \times 10^{-4} \Rightarrow q_2 = -1/44 \times 10^{-4} \text{ C} \end{cases}$$

۱۳

گزینه ۲

$$\Delta q = q_2 - q_1 = 6/4 - (-3/2) = 9/6 \mu\text{C}$$

۱۶

$$\Delta q = ne \Rightarrow 9/6 \times 10^{-6} = n \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$\Rightarrow n = 6 \times 10^{13}$$

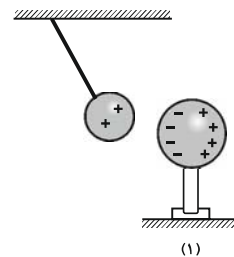
چون بار الکتریکی جسم در ابتدا منفی بوده و در نهایت مثبت شده است، بنابراین از جسم الکترون گرفته شده است.

### روش‌های باردار کردن اجسام

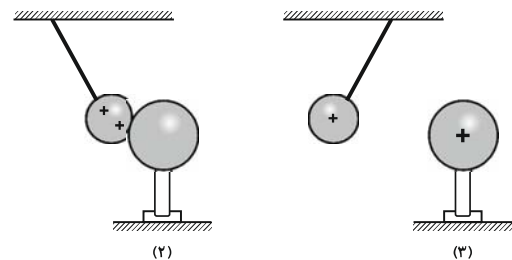
۱۴

گزینه ۱

با نزدیک کردن کره فلزی به گلوله باردار، گلوله به سمت کره جذب می‌شود و به دلیل القای الکتریکی، بارهای کره از یکدیگر تفکیک می‌شوند. (شکل ۱)



بعد از تماس، گلوله و کره دارای بار الکتریکی هم‌نام می‌شوند و در نتیجه یکدیگر را دفع می‌کنند. (شکل‌های ۲ و ۳)



۱۵

گزینه ۴

برای بررسی این سؤال به نکات زیر توجه کنید:  
۱) اگر دو جسم یکدیگر را جذب کنند یا دارای بار نام‌نام هستند و یا یکی از آنها بدون بار است و از طریق القای الکتریکی یکدیگر را جذب کرده‌اند.

۲۳. گزینه ۴  
حال اگر کره‌ی B را به کره‌ی C تماس دهیم  $\frac{-Q}{۲}$  بار کره‌ی B توسط  $\frac{+Q}{۲}$  بار کره‌ی C خنثی شده و بار  $\frac{+Q}{۲}$  برای کره‌های C و B باقی‌می‌ماند و این بار به نسبت مساوی بین کره‌های B و C تقسیم می‌شود یعنی بار کره‌ی B،  $\frac{+Q}{۴}$  می‌شود.

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

$$\Rightarrow ۱۸ = \frac{۹ \times ۱۰^۹ \times ۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۴ \times ۱۰^{-۶}}{r^2}$$

$$\Rightarrow r^2 = ۰.۰۱ \Rightarrow r = ۰.۱ \text{ m} \Rightarrow r = ۱۰ \text{ cm}$$

۱۹. گزینه ۴  
با توجه به اینکه دو کره مشابه می‌باشند و همچنین دو کره اختلاف بار دارند، پس بار الکتریکی منفی از کره‌ی B که بار منفی بیشتری دارد به سمت کره‌ی A که بار منفی کمتری دارد، شارش می‌کند و بار دو کره در نهایت یکسان می‌شود.

۲۴. گزینه ۲

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

$$\Rightarrow F = ۹ \times ۱۰^۹ \times \frac{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}}{(۲ \times ۱۰^{-۱۵})^2}$$

$$= ۵/۷۶ \times ۱۰ = ۵۷/۶ \text{ N}$$

$$q = \frac{q_A + q_B}{۲} = \frac{-۳ \times ۱۰^{-۶} - ۵ \times ۱۰^{-۶}}{۲} = -۴ \times ۱۰^{-۶} \text{ C}$$

پس کره‌ی B،  $۱ \times ۱۰^{-۶}$  کولن الکترون از دست می‌دهد و کره‌ی A به همین مقدار الکترون می‌گیرد.

۲۵. گزینه ۲

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow F = k \frac{(ze)(e)}{r^2}$$

$$\Rightarrow F = ۹ \times ۱۰^۹ \times \frac{(۱۰ \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹})(۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹})}{(۱ \times ۱۰^{-۱۰})^2}$$

$$\Rightarrow F = ۲/۳ \times ۱۰^{-۷} \text{ N}$$

$$q = ne \Rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{۱ \times ۱۰^{-۶}}{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = \frac{۱}{۱۶} \times ۱۰^{۱۴}$$

۲۰. گزینه ۳  
طبق رابطه  $q = \pm ne$ ، بار الکتریکی هر جسم باید مضرب صحیحی از بار الکتریکی پایه یعنی  $e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \text{ C}$  باشد، بنابراین داریم:

۲۶. گزینه ۴

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{۲F}{F} = \left(\frac{r}{r'}\right)^2 \Rightarrow \frac{r}{r'} = \sqrt{۲} \Rightarrow r' = \frac{\sqrt{۲}}{۲} r$$

$$n = \frac{q}{e} \in Z$$

$$\Rightarrow n = \frac{۱۲ \times ۱۰^{-۱۹}}{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۷/۵ \notin Z$$

پس این ادعا صحیح نیست.

۲۷. گزینه ۲

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{|q'_1||q'_2|}{|q_1||q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{|q_1| \times |q_2|}{|q_1| \times |q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2 = ۲$$

۲۱. گزینه ۳  
در اثر مالش، این الکترون‌ها هستند که از یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شوند.

۲۸. گزینه ۲

$$|q'_1| = |q_1| - \frac{۱}{۴} |q_1| = \frac{۳}{۴} |q_1| = \frac{۳}{۴} \times ۸ = ۶ \mu\text{C}$$

$$|q'_2| = |q_2| + \frac{۱}{۴} |q_1| = |q_2| + \frac{۱}{۴} \times ۸ = q_2 + ۲$$

$$F' = F + \frac{۵۰}{۱۰۰} F = \frac{۱۵۰}{۱۰۰} F = \frac{۳}{۲} F$$

۲۲. گزینه ۴  
با توجه به قانون کولن داریم:

$$|F| = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow ۲ \times ۱۰^{-۲} = \frac{۹ \times ۱۰^۹ \times ۵ |q_1| \times |q_1|}{۳^2}$$

$$\Rightarrow |q_1|^2 = ۴ \times ۱۰^{-۱۲} \Rightarrow |q_1| = ۲ \times ۱۰^{-۶} \text{ C} = ۲ \mu\text{C}$$

### قانون کولن

### رابطه قانون کولن

### گزینه ۴



گزینه ۲

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{|q'_1| |q'_2|}{|q_1| |q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{600}{640} = \frac{(|q| - 2)(|q| + 2)}{|q| \times |q|} \Rightarrow \frac{15}{16} = \frac{|q|^2 - 4}{|q|^2}$$

$$\Rightarrow 15|q|^2 = 16|q|^2 - 64 \Rightarrow |q|^2 = 64 \Rightarrow |q| = 8 \mu C$$

$$\xrightarrow{q > 0} q = +8 \mu C$$

گزینه ۴

$$F = \frac{k|Q| \cdot |Q|}{r^2} = \frac{k|Q|^2}{r^2}$$

اگر درصد مورد نظر را x فرض کنیم، داریم:

$$\begin{cases} |Q'_1| = |Q| - x|Q| \\ |Q'_2| = |Q| + x|Q| \end{cases}$$

$$\Rightarrow F' = \frac{k(|Q| - x|Q|)(|Q| + x|Q|)}{r^2}$$

$$\frac{F'}{F} = \frac{15}{16} = \frac{(|Q| - x|Q|)(|Q| + x|Q|)}{|Q|^2}$$

$$\Rightarrow \frac{15}{16} |Q|^2 = |Q|^2 (1 - x^2) \Rightarrow x^2 = \frac{1}{16}$$

$$\Rightarrow x = \frac{1}{4} = 0.25$$

گزینه ۱

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow F \propto \frac{1}{r^2}$$

گزینه ۴

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{|q'_1| |q'_2|}{|q_1| |q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{2|q| \times 2|q'|}{|q| \times |q'|} \times \left(\frac{r}{2r}\right)^2 \Rightarrow F' = F$$

گزینه ۱

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{|q'_1| |q'_2|}{|q_1| |q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{(|Q| - \frac{1}{2}|Q|)(|Q| + \frac{1}{2}|Q|)}{|Q| \times |Q|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{|Q|^2 - \frac{1}{4}|Q|^2}{|Q|^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{3}{4} \Rightarrow F' = \frac{3}{4}F$$

۳۲

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{|q'_1| |q'_2|}{|q_1| |q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

$$\frac{\frac{3}{2}F}{F} = \frac{6 \times (|q_2| + 2)}{8|q_2|}$$

$$\Rightarrow 6|q_2| + 12 = \frac{3}{2} \times 8|q_2|$$

$$\Rightarrow 6|q_2| = 12 \Rightarrow |q_2| = 2 \mu C$$

گزینه ۳

۲۹

$$|q'_1| = |q| - \frac{1}{4}q = \frac{3}{4}q$$

$$|q'_2| = |q| + \frac{1}{4}q = \frac{5}{4}q$$

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{|q'_1| |q'_2|}{|q_1| |q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

$$\frac{F'}{F} = \frac{(\frac{3}{4}|q|) \times (\frac{5}{4}|q|)}{|q| \times |q|} \times (1)^2 \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{15}{16} \Rightarrow F' = \frac{15}{16}F$$

گزینه ۱

۳۰

$$\begin{cases} q_1 = 2 \mu C \\ q_2 = -2 \mu C \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} q'_1 = 2 \times \frac{1}{2} = 1 \mu C \\ q'_2 = -2 + \frac{1}{2} \times 2 = -1 \mu C \end{cases}$$

گزینه ۱

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{|q'_1| |q'_2|}{|q_1| |q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

$$= \frac{1 \times 1}{2 \times 2} \times \left(\frac{r}{\frac{r}{2}}\right)^2 \Rightarrow \frac{F'}{F} = 1$$

گزینه ۲

۳۱

$$\begin{cases} F = \frac{k|q_1| |q_2|}{r^2} \xrightarrow{\text{بارها مشابهند}} 0.2 = \frac{k|q|^2}{r^2} \\ F' = \frac{k|q'_1| |q'_2|}{r'^2} \Rightarrow 0.3 = \frac{k|q|( |q| + 2)}{r^2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{F}{F'} = \frac{\frac{k|q|^2}{r^2}}{\frac{k|q|( |q| + 2)}{r^2}} \Rightarrow \frac{0.2}{0.3} = \frac{|q|}{|q| + 2}$$

$$\Rightarrow \frac{2}{3} = \frac{|q|}{|q| + 2} \Rightarrow 2|q| + 4 = 3|q| \Rightarrow |q| = 4 \mu C$$

۳۷

گزینه ۴

با توجه به مشابه بودن دو کره، پس از تماس آنها با یکدیگر، بار الکتریکی هر یک از آنها برابر  $\frac{q_1 + q_2}{2}$  است:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{5 + 15}{2} = 10 \mu\text{C}$$

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{q'_1 q'_2}{q_1 q_2} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

$$= \frac{10 \times 10}{5 \times 15} \times 1 = \frac{100}{75} = \frac{4}{3} = 1/33 = \frac{133}{100}$$

بنابراین نیروی کولنی تقریباً ۳۳ درصد افزایش می‌یابد.

۳۸

گزینه ۴

اگر کره‌ها کاملاً مشابه باشند با توجه به علامت بار کره‌ها و این که فاصله دو کره تغییر نکرده است، هر سه حالت می‌تواند اتفاق بیفتد چون نیرو متناسب با حاصلضرب بارهاست.

اگر شعاع کره‌ها متفاوت باشد باز هم هر سه حالت ممکن است، اتفاق بیفتد.

۳۹

گزینه ۲

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow 4 = 9 \times 10^9 \frac{|q_1| |q_2|}{(30 \times 10^{-2})^2}$$

$$\Rightarrow |q_1 q_2| = 4 \times 10^{-11} \text{ C}^2$$

$$\Rightarrow |q_1 q_2| = 4 \times 10^{-11} \times 10^{12} = 40 (\mu\text{C})^2$$

از طرفی پس از تماس دو گلوله، به دلیل مشابه بودن گلوله‌ها بار

هر یک از آن‌ها برابر  $\frac{q_1 + q_2}{2}$  می‌شود:

$$\frac{q_1 + q_2}{2} = 3 \Rightarrow q_1 + q_2 = 6 \mu\text{C}$$

با توجه به این که نیروی بین دو گلوله جاذبه بوده است، پس بار آن‌ها ناهم‌نام است:

$$\begin{cases} q_1 q_2 = -40 (\mu\text{C})^2 \\ q_1 + q_2 = 6 \mu\text{C} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} q_1 = 10 \mu\text{C} \\ q_2 = -4 \mu\text{C} \end{cases}$$

۴۰

گزینه ۳

$$F = F_{12} = F_{21} = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

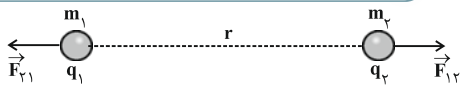
از طرفی تنها نیروی وارد بر این دو ذره نیروی کولنی بین آنهاست که به آنها شتاب می‌دهد.

$$F_{12} = F_{21} \Rightarrow m_1 a_1 = m_2 a_2$$

$$\Rightarrow m a_1 = 2 m a_2 \Rightarrow \frac{a_1}{a_2} = 2$$

۴۱

گزینه ۱



$$F_{12} = F_{21} = F = \frac{k q_1 q_2}{r^2}$$

$$F_{12} = F_{21} \Rightarrow m_1 a_1 = m_2 a_2 \Rightarrow \frac{a_2}{a_1} = \frac{m_1}{m_2}$$

نسبت اندازه شتاب دو بار برابر عکس نسبت جرم‌های آنهاست و چون ثابت است پس نسبت اندازه شتاب دو بار ثابت است.

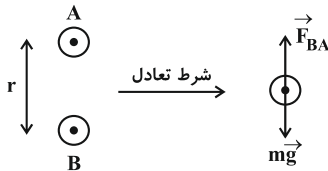
$$\begin{cases} F = \frac{k |q_1| |q_2|}{r^2} \\ F = m a \end{cases} \Rightarrow m a = \frac{k |q_1| |q_2|}{r^2}$$

$$\Rightarrow a = \frac{k |q_1| |q_2|}{m r^2} \Rightarrow a \propto \frac{1}{r^2}$$

شتاب هر ذره با مجذور فاصله دوبرابر نسبت عکس دارد در نتیجه هر چقدر بارها از هم دور می‌شوند، شتاب کاهش می‌یابد.

۴۲

گزینه ۳



$$F_{BA} = m_A g \Rightarrow k \frac{|q_A| |q_B|}{r^2} = m_A g$$

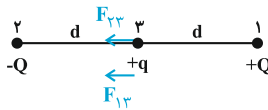
$$\Rightarrow r^2 = k \frac{|q_A| |q_B|}{m_A g} = \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{10 \times 10^{-3} \times 10}$$

$$\Rightarrow r^2 = 9 \times 10^{-2} \Rightarrow r = 3 \times 10^{-1} \text{ m} \Rightarrow r = 30 \text{ cm}$$

برهم‌نهی نیروهای الکتروستاتیک

۴۳

گزینه ۴

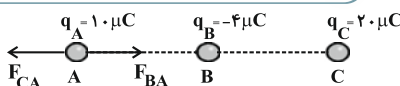


$$F_{13} = k \frac{Qq}{d^2} = F \Rightarrow F \text{ برابند} = 2F$$

$$F_{23} = k \frac{Qq}{d^2} = F$$

۴۴

گزینه ۱



$$F_{BA} = k \frac{q_B q_A}{r_{BA}^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 400 \text{ N}$$